Publicat inițial în *The Technology Teacher*, Aprilie 2003, de International Technology Education Association
Traducere, editare și adaptare de Nicolae Sfetcu, www.telework.ro, nicolae@sfetcu.com, 0745526896

LANSEAZĂ UN NANOSATELIT PE ORBITĂ!

Când Pete Rossoni era un copil, îi plăcea să arunce discuri frisbee. Majoritatea copiilor o fac - este distractiv. Dar în cazul lui Pete era ceva serios. Nu știa, dar practica pentru viitoarea sa carieră... în explorarea spațială.

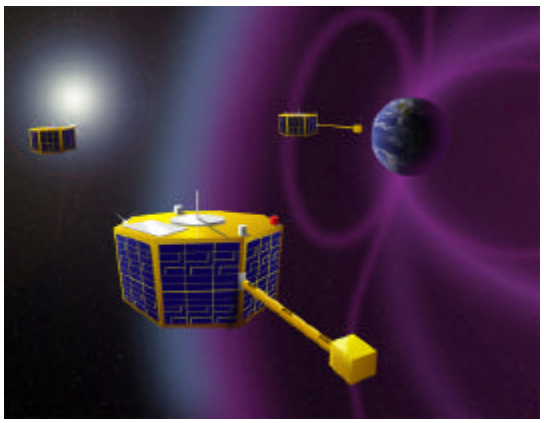
Pete Rossoni este acum inginer la Centrul de zbor spațial Goddard al NASA. Proiectul său principal este acela de a descoperi cum să lansezi nave spațiale pe orbită în stil frisbee.

Nava spațială este mică - cam de dimensiunea torturilor aniversare. „Acest lucru nu ar funcționa cu sateliți mari sau nave spațiale grele", spune Pete. Dar un „nanosatelit" de dimensiunea unui tort este potrivit.

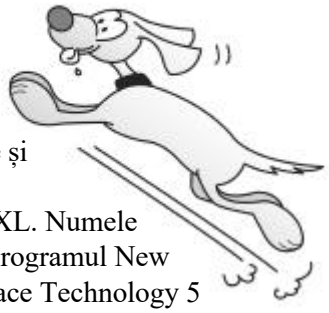
Nanosateliții sunt o idee nouă interesantă în explorarea spațială. Sateliții obișnuiți tind să fie grei și costisitor de lansat. Costul este singurul factor de descurajare pentru cercetarea spațială. Nanosateliții, pe de altă parte, se pot încadra în buget. De exemplu, o rachetă Delta 4 care livrează un satelit de comunicații pe orbită ar putea transporta și câțiva nanosateliți în cârcă, cu un efort suplimentar și cheltuieli mici.

„Odată ce nanosateliții ajung în spațiu, ei trebuie să se separe de gazdele lor", spune Pete. Și aici intervine aruncarea în stil frisbee.

Pete și echipa sa au conceput un dispozitiv care poate arunca un nanosatelit din spatele rachetei sale gazdă. „Este foarte asemănător cu aruncarea unui frisbee", explică el. „Mecanica de bază este aceeași. Trebuie să distribui rotirea și să îl lansezi, totul în aproximativ o cincime de secundă." Mișcarea de rotație permite luminii soarelui să lumineze toate panourile solare ale nanosatelitului.



Nanosateliții Space Technology 5 testează nanotehnologii în spațiu în timp ce studiază câmpul magnetic al Pământului.



„Nu am mai făcut nimic asemănător până acum", spune Pete. Conceptul a fost testat cu succes de NASA între 22 martie și 30 iunie 2006, cu nanosateliții transportați de racheta Pegasus XL. Numele misiunii, care a făcut parte din programul New Millennium al NASA, a fost Space Technology 5 (ST5).

Nanosateliții ST5 sunt concepuți pentru a studia magnetosfera Pământului - o bulă magnetică înconjurând planeta noastră care ne protejează de vântul solar. Dar obiectivul lor principal, notează Pete, a fost de a testa tehnologia mini-sateliților.

CUM SĂ LANSEZI ÎN STIL FRISBEE UN NANOSATELIT ÎN SPAȚIU

Pentru a permite instrumentelor și experimentelor științifice de la bordul nanosatelitului să funcționeze corect, nanosatelitul trebuie să se rotească la 20 de rotații pe minut. Pentru lansatorul de nanosatelit, producerea acestei viteze este un obiectiv principal. Calcularea forței exacte necesare pentru producerea acestei viteze de rotație implică ceva mai multă matematică, dar vă oferim o idee despre procesul de gândire al lui Pete în analiza problemei.

Pentru a măsura cu precizie viteza de rotație, proiectanții utilizează termenul de *viteză unghiulară*, care poate fi exprimată în rotații pe minut (RPM). Dacă părinții (sau bunicii) au un pickup cu discuri de vinil, este posibil să fi văzut rotațiile sale de 33 RPM. Nanosateliții se vor roti mult mai lent. Viteza unghiulară poate fi descrisă și în alte moduri. Dacă împărțim un cerc în 360 de părți (numite grade), putem descrie viteza unghiulară în termeni de grade de rotație pe un anumit interval de timp. Deci 20 RPM ar putea fi de 7.200 de grade/minut (20 de rotații de 360 de grade în fiecare minut), sau 1/3 de rotație pe secundă sau 120 de grade pe secundă.

Spre deosebire de pickup, nanosateliții vor primi o singură dată un impuls de rotație pentru a se roti la viteza unghiulară corespunzătoare. Dar de câtă forță este nevoie pentru aceste rotații de la un singur impuls? Asta depinde de cât de repede este condus către viteza maximă (numită *accelerația unghiulară*) și de cât de mult rezistă nanosatelitul la răsucire (numită *momentul de inerție*). Inerția este tendința obiectelor în repaus de a rămâne în

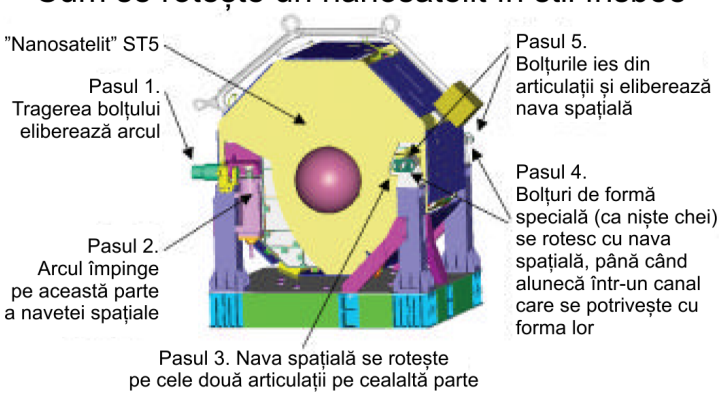
Publicat inițial în *The Technology Teacher*, Aprilie 2003, de International Technology Education Association
Traducere, editare și adaptare de Nicolae Sfetcu, www.telework.ro, nicolae@sfetcu.com, 0745526896

repaus și a obiectelor în mișcare de a rămâne în mișcare. Forța necesară pentru producerea rotației se numește *momentul forței*. Pentru a obține momentul forței, înmulțim momentul de inerție cu accelerație unghiulară.

Dar cât de repede trebuie să ajungă nanosatelitul la rotația necesară de 20 RPM? A*ccelerația unghiulară* reprezintă creșterea vitezei unghiulare (de rotire) în unitatea de timp. De exemplu, dacă viteza unghiulară este dată în rotații pe minut, accelerația unghiulară este exprimată în rotații pe minut, pe minut. Cu alte cuvinte, cu câte rotații pe minut va crește (sau va scădea) viteza în fiecare minut?

Valoarea accelerației unghiulare în acest caz depinde de cât timp este disponibil pentru a atinge viteza unghiulară dorită. Pentru lansatorul de nanosatelit ST5, se va folosi un arc cu vârf împingător pentru a produce momentul forței, reglând rotația nanosatelitului. Împingătorul va acționa asupra unui punct dur la marginea nanosatelitului, cu partea opusă punctului dur articulată pentru a acționa ca un pivot. Pe măsură ce arcul se destinde în linie dreaptă, punctul dur începe să se rotească ieșind din calea împingătorului.

Cum se rotește un nanosatelit în stil frisbee

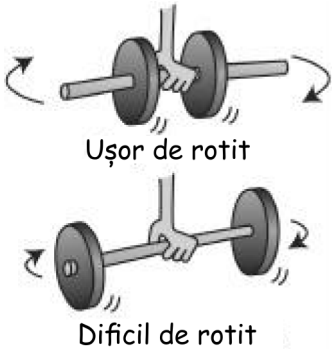


În timpul primelor 12 grade de rotație, va exista contact între împingător și punctul dur. Aceasta înseamnă că viteza unghiulară completă de 120 de grade în fiecare secundă trebuie să fie livrată în doar 12 grade de rotație - sau 1/5 de secundă! Este necesară o accelerație unghiulară de 600 grade/secundă/secundă pentru a atinge viteza unghiulară de 20 RPM în 1/5 de secundă.

Cât de mult se va opune nanosatelitul la rotație? Masa lui este de 19,5 kilograme. Dacă îl împingem în linie dreaptă pentru a-l face să se miște, rezistența pe care masa de 19,5 kilograme o opune la mișcare se numește inerție. Deci nanosatelitul are o inerție de 19,5 kilograme.

Atunci când este rotit, acele 19,5 kilograme prezintă o rezistență mult mai mare. La rotire, este nevoie de mai multă putere pentru a menține aceeași viteză decât pentru mișcarea în linie dreaptă. Observăm acest lucru atunci când luăm o curbă cu o mașină sau cu o bicicletă.

Mai mult chiar. Masa nanosatelitului de 19,5 kilograme este distribuită într-un cerc în jurul centrului său, între centru și perimetrul exterior. Distanța dintre acea masă circulară și centru acționează ca o pârghie, adăugând rezistența masei la mișcare.

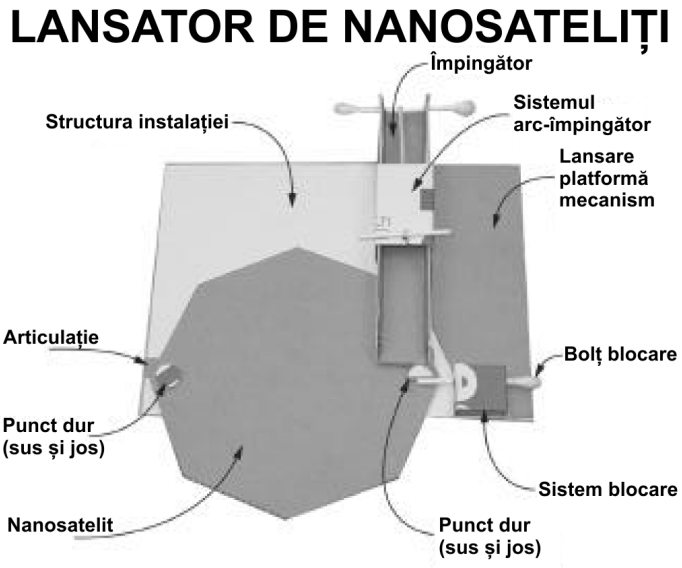


Deci, rezistența totală la rotație sau *momentul de inerție*, depinde de masă și de distribuția acesteia.

Un alt factor care trebuie să fie luat în considerare de proiectanții lansatorului ST5 este efectul brațului magnetometrului asupra vitezei de rotație. Acest braț segmentat ține instrumentul care măsoară câmpurile magnetice ale Pământului. Se desface cu instrumentul atașat după ce satelitul este rotit. La fel cum patinatorii pe gheață se învârt mai repede atunci când își retrag brațele și mai lent atunci când le țin întinse, satelitul se va roti mai lent atunci când brațul magnetometrului este dislocat. Așadar, viteza inițială de rotire a satelitului la ieșirea din lansator trebuie să ia în considerare această încetinire.

Așadar, din *momentul de inerție*, proiectanții pot calcula valoarea *momentului forței* asigurat de arc pentru a da o *accelerație unghiulară* corectă care va oferi nanosatelitului *viteza unghiulară* finală corectă.

CONSTRUIEȘTE PROPRIUL LANSATOR DE NANOSATELIȚI,



Publicat inițial în *The Technology Teacher*, Aprilie 2003, de International Technology Education Association
Traducere, editare și adaptare de Nicolae Sfetcu, www.telework.ro, nicolae@sfetcu.com, 0745526896

Acest lansator jucărie funcționează pe aceleași principii ca și cel real ST5. „Nanosatelitul" este poziționat pe lansator, astfel încât să fie împins pe o parte, în timp ce pivotează în jurul unei articulații pe cealaltă parte. Când „bolțul" pivotului atinge o crestătură în articulație, este eliberat și se va roti ca un frisbee în „spațiu". (Din cauza aerului și gravitației, nu va ajunge foarte departe.)

Materiale

- 1/16" carton de poster, sau ondulat de ambalaj — 3 straturi, 8-1/2" x 11", sau suficient pentru a decupa toate piesele modelului. (Diferite produse, cum ar fi electronice mici, vin în cutii din carton ondulat cu caneluri înguste.)
- Adeziv reutilizabil (temporar) pentru lipirea pieselor model pe caton pentru decupare.
- Adeziv permanent, cum ar fi cimentul de contact, super glue sau lipiciul de lemn.
- Banda de cauciuc, dimensiune „medie" (pentru arc).
- 1 tub de agitator de cafea din plastic (pentru manșonul bolțului) de cca 3 mm diametru.
- Bețe rezistente cu tampoane din bumbac (pentru bolț și pentru conexiunea cu arc față și spate).

Instrumente

- Copiator
- Cutter
- Muchie dreaptă metalică
- Cui pentru a perfora centrele găurilor
- Pix cu pastă pentru a mări găurile și a marca liniile de pliere. (Pe carton ondulată, folosiți un băț de înghețată sau un vârf bont pentru a marca linii de pliere).
- Agrafă îndreptată

Prepararea componentelor

- Fotocopiază cele trei pagini de modele de la finalul acestui articol. Montează modelele pe panourile de carton cu adeziv temporar. Dacă utilizezi un carton ondulat, asigură-te că aliniezi direcția liniilor de pliere punctate (cu excepția celor de pe panoul 1) cu direcția onduleurilor cartonului.
- Pentru ca pliurile să fie clare și corecte, marchează toate liniile de pliuri punctate. Dacă folosești carton de poster, marchează cu un pix. Dacă utilizezi carton ondulat, utilizează un băț de înghețată sau un instrument cu vârf bont pentru a marca linii de pliere.
- Cu un cui, perforează centrul găurilor din panourile 8 și 10 de pe puntea de lansare a mecanismului (B) și centrele de capăt ale slotului de pe panourile 14 și 15 ale împingătorului (C). Aasă ușor și răsucește partea conică a unui pix cu bilă pentru a mări aceste găuri la dimensiunile prezentate. Fă mici găuri de cui numai în nanosatelit și în punctele dure G, H și I.
- Decupează toate piesele. Taie curbele cu grijă cu un cutter sau alt instrument asemănător. Cu un cuțit și o muchie dreaptă metalică, Taie cu grijă de-a lungul liniilor drepte rămase.

Constructia platformei lansatorului — B

- Îndepărtează (dezlipește) modelul din partea B.

Sistemul împingătorului

- Pliază panoul 1 în sus la cele două linii de pliere, apoi lipește-l ferm (cu adeziv permanent) pe paltforma (2).

Notă: Folosește adeziv permanent mereu de acum încolo.

- Pliază panourile 3, 4, 5 și 6 în secvență ascendentă, apoi lipește ferm partea inferioară a panoului 3 de partea superioară a panoului 1.

Sistemul de blocare

- Pliază panourile 7, 8, 9 și 10 în sus, în ordine, apoi lipește partea de jos a panoului 7 de platforma (11).
- Glisează un agitator de cafea (ca un fel de bucșă) prin cele două găuri, lipește-l acolo și taie lungimea în exces a agitatorului.
- Taie un cap al bățului tampon (pentru bolț). Glisează capătul tăiat prin agitatorul de cafea dinspre partea platformei spre partea deschisă.

Construcția împingătorului — C

- Îndepărtează (dezlipește) modelul de partea C.
- Pliază panoul 12 în jos la cele două linii de pliere, apoi lipește-l ferm de partea inferioară a panoului 13.
- Plaiză în sus panourile 14 și 15.

Asamblarea sistemului împingătorului cu împingătorul

- Ținând împingătorul de capătul panoului 12, cu panoul 12 în partea de jos, introduceți-l în capătul deschis al sistemului, în partea opusă platformei.
- Glisați o buclă de capăt a benzii de cauciuc în fanta din partea de sus a sistemului împingătorului. Treceți un băț de la tampoanele de bumbac prin capătul benzii de cauciuc pentru a nu aluneca prin fantă.

- Treci un băț tampon prin celălalt capăt al benzii de cauciuc. Pune bățul în crestăturile din spate ale împingătorului pentru a a-l pregăti pentru lansare.

Construcția nanosatelitului — J

- Îndepărtează hârtia model din punctul dur F. Pliază panoul 16 în sus la cele două linii de pliere afișate, apoi lipește-l ferm pe panoul 17.
- Notează poziția punctului dur F pe modelul nanosatelitului, apoi îndepărtează hârtia și lipește ferm punctul dur F în poziția (F) pe nanosatelit.
- Aliniază punctul dur G cu orificiul nanosatelitului (G) prin introducerea unei agrafe îndreptate prin găurile de la fiecare. Lipește ferm punctul dur G pe poziție.
- Răsucește nanosatelitul. Cu găuri și agrafa, aliniază și fixează ferm punctele dure H și I în pozițiile lor respective.

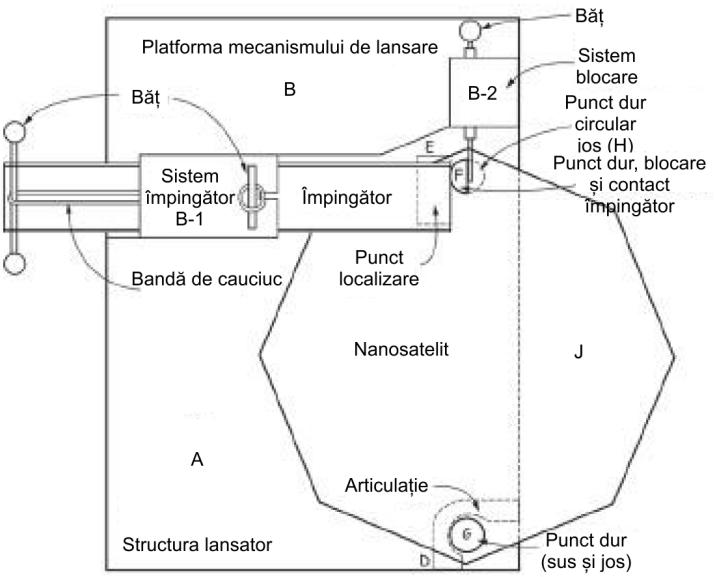
Asamblează totul în structura instalației — A

- Marchează contururile componentelor B, D și E pe material cu un pix cu bilă înainte de a îndepărta hârtia model.
- Deconectează arcul cu banda de cauciuc de conexiunea din spate a împingătorului în timp ce asamblezi structura instalației.
- Lipește platforma mecanismului de lansare, B, ferm de zona (B); articulația, D, de zona (D); și punctul de localizare, E, de zona (E).

Acum, să-i dăm drumul să zboare!

- Deconectează arcul benzii de cauciuc de la conexiunea spate a împingătorului.
- Plasează nanosatelitul cu punctul dur F sus și punctul dur G în partea articulației, în articulație.
- Deplasează punctul dur F către împingător până când punctul inferior, H, atinge punctul de localizare, E. Trage bolțul pentru a atinge partea plană a lui F.
- Pornește lansatorul punând cu atenție vârful bățului care ține banda de cauciuc în conexiunea din spate a împingătorului.
- Prinde capătul cu bumbac al bățului tampon; trage-l înapoi până când nanosatelitul se lanează.

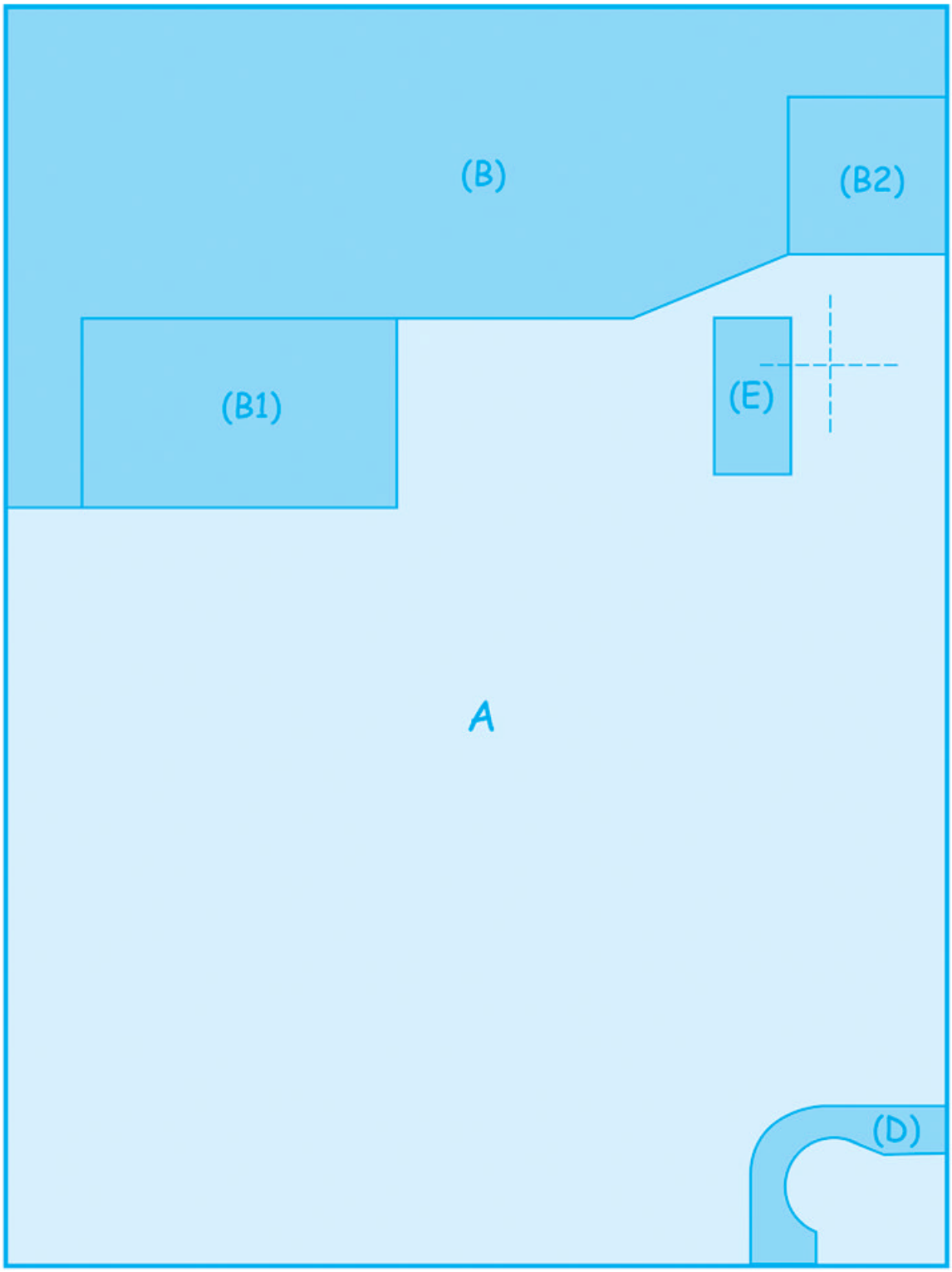
Aspecte de discutat



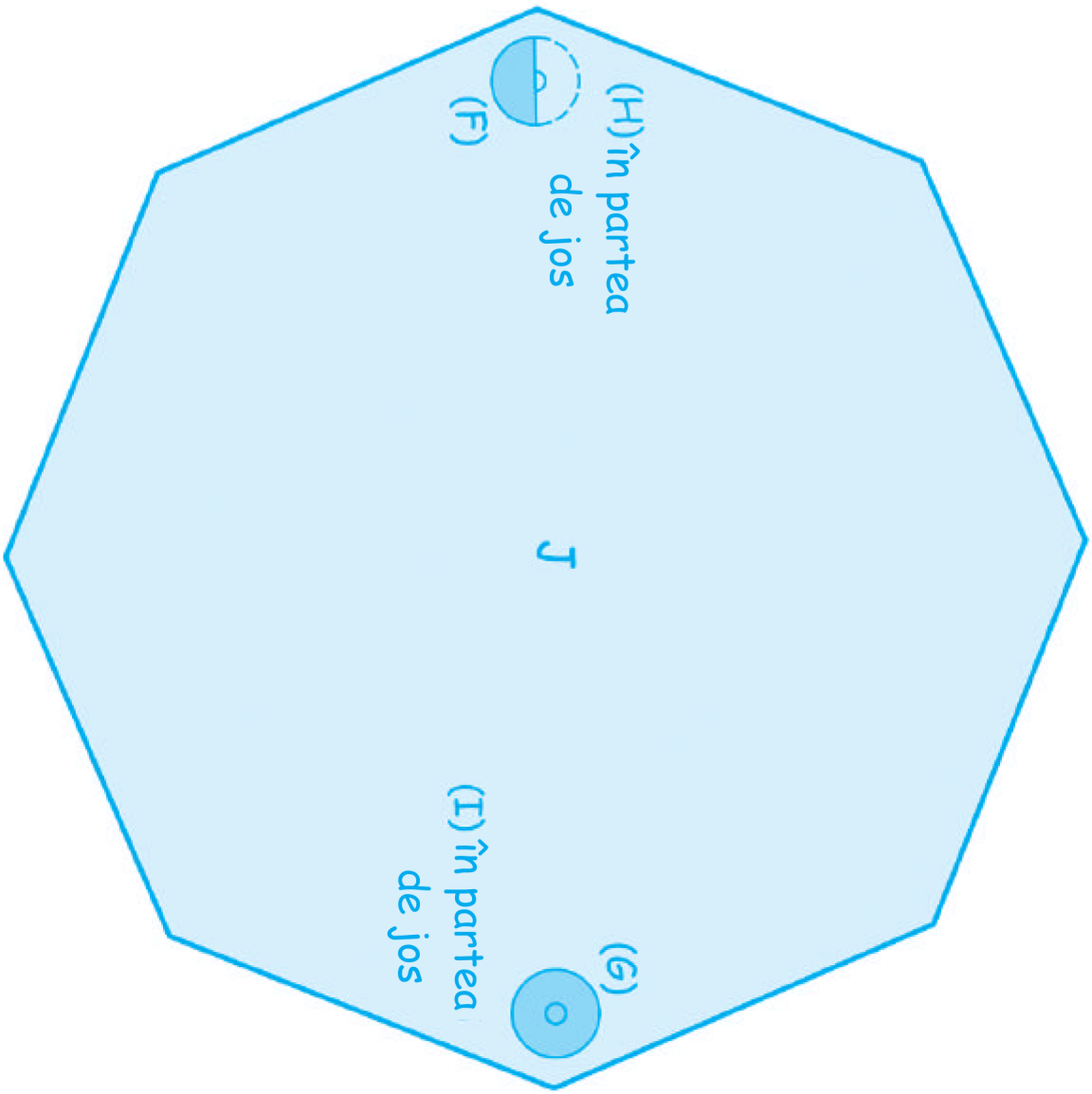
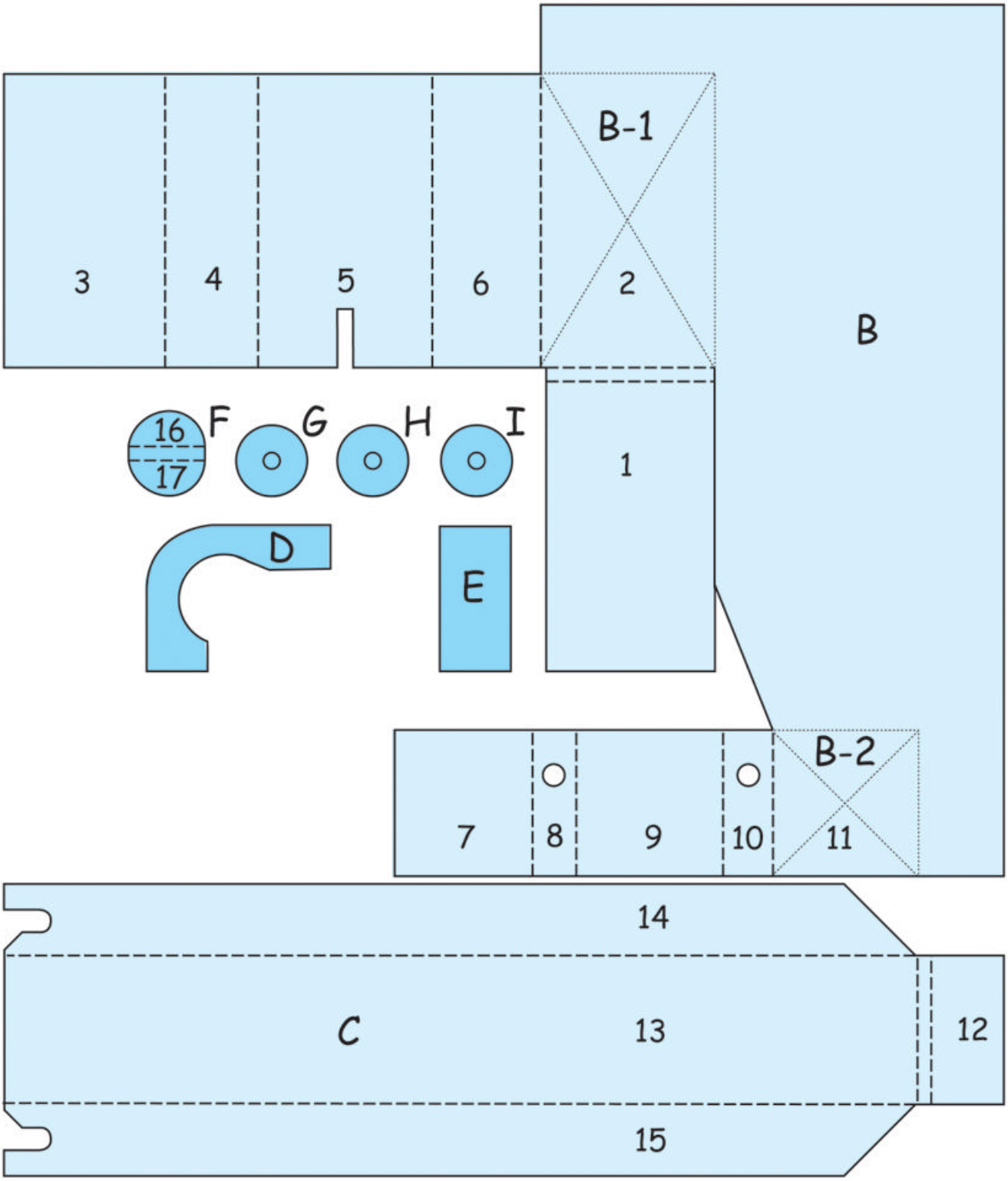
- Dacă crești forța exercitată de arc (prin scurtarea benzii de cauciuc cu un nod la un capăt, de exemplu), ce se întâmplă cu viteza unghiulară a nanosatelitului de jucărie?
- Ce se întâmplă cu accelerația unghiulară a nanosatelitului dacă este fabricat dintr-un material mai ușor, precum polistirenul?
- Poți oferi ambelor materiale aceeași accelerație unghiulară prin reglarea cuplului? Cum?

Acest articol a fost scris de Diane Fisher, Tony Phillips și Gene Schugart. Alex Novati a ilustrat-o. D-na Fisher este scriitoare și proiectantă a site-ului The Space Place la spaceplace.nasa.gov. D-ra Phillips este astronom și redactor al site-ului web Science@NASA (science.nasa.gov). D-l Schugart este consultant în dezvoltarea de produse educaționale. Mulțumiri și lui Pete Rossoni, inginer șef al lansatorului de nanosateliți ST5, pentru ajutor tehnic. Articolul a fost furnizat prin amabilitatea Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, în baza unui contract cu Administrația Națională de Aeronautică și Spațiu. Traducere, editare imagini și adaptare de Nicolae Sfetcu, www.setthings.com .

PDF:https://www.telework.ro/ro/e-books/lanseaza-un-nanosatelit-pe-orbita/


(B)
(B2)
(B1)
(E)
A
(D)

Publicat inițial în *The Technology Teacher*, Aprilie 2003, de International Technology Education Association
Traducere, editare și adaptare de Nicolae Sfetcu, www.telework.ro, nicolae@sfetcu.com, 0745526896



Publicat inițial în *The Technology Teacher*, Aprilie 2003, de International Technology Education Association
Traducere, editare și adaptare de Nicolae Sfetcu, www.telework.ro, nicolae@sfetcu.com, 0745526896